

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-223352
(P2001-223352A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 27/148

H 0 4 N 5/335

F 4 M 1 1 8

H 0 4 N 5/335

U 5 C 0 2 4

H 0 1 L 27/14

B

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-31524(P2000-31524)

(22) 出願日 平成12年2月9日(2000.2.9)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 遠山 茂

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100096231

弁理士 稲垣 清

Fターム(参考) 4M118 AA01 AB01 BA10 BA12 DA03

DA20 DA28 DA32 DA40 EA17

GB03 GB07 GB11

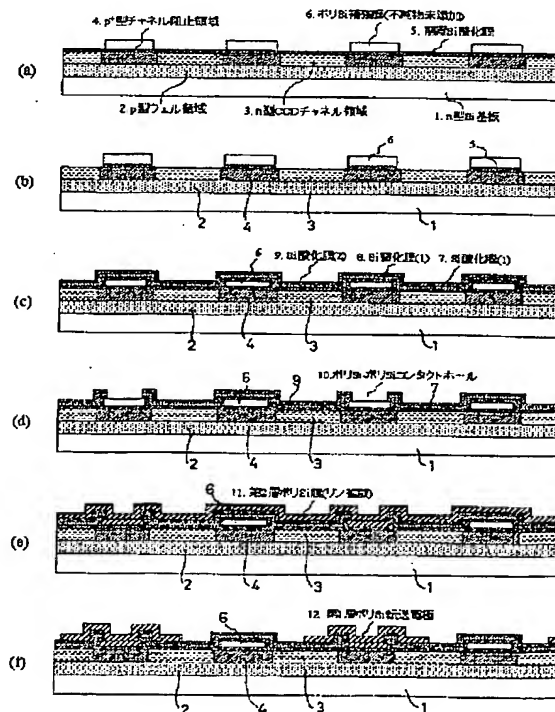
5C024 AX01 CY47 EX25 GY01 GY03

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 フレームトランスファー型あるいはフルフレーム型固体撮像素子の感度を向上させ、しかも歩留まり良く、高信頼性にする。

【解決手段】 撮像領域にはn型CCDチャネル領域3及びそれを垂直方向に区切るp⁺型チャネル阻止領域4が形成しており、p⁺型チャネル阻止領域の上に島状あるいは帯状の前置Si酸化膜5及びポリSi補強膜6が設けてあり、少なくともSi窒化膜8を含むゲート絶縁膜がそれらの上に設けてある。ポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にはコンタクトホール10が開口され、複数層のポリSi転送電極の各層のポリSi転送電極がポリSi補強膜とそれぞれポリSi-ポリSiコンタクトを形成している。複数層のポリSi転送電極上に絶縁膜が形成しており、ポリSi補強膜で厚さを増した部分上の絶縁膜にコンタクトホールが開口され、コンタクトホールを介して複数層の各々のポリSi転送電極と裏打金属配線とが接続されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、光電変換を行ない、かつ、発生した信号電荷を読み出す垂直電荷結合素子列から成る撮像領域と、前記垂直電荷結合素子列の信号電荷を受け取り転送する水平電荷結合素子と、その信号電荷を電荷-電圧変換して出力する出力部とを具備する固体撮像素子において、

前記垂直電荷結合素子列には第1導電型CCDチャネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャネル阻止領域が形成してあり、前記第2導電型チャネル阻止領域の上に島状あるいは帯状の前置Si酸化膜及びポリSi補強膜が設けてあり、少なくともSi窒化膜を含むゲート絶縁膜が前記第1導電型CCDチャネル領域上及びポリSi補強膜上に設けてあり、前記ポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にはコンタクトホールが開口され、複数層のポリSi転送電極の各層のポリSi転送電極が前記ポリSi補強膜とそれぞれポリSi-ポリSiコンタクトを形成しており、前記複数層のポリSi転送電極上に絶縁膜が形成してあり、前記複数層のポリSi転送電極のポリSi補強膜で厚さを増した部分上の前記絶縁膜にコンタクトホールが開口され、前記コンタクトホールを介して複数層の各々のポリSi転送電極と裏打金属配線とが接続されていることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項2】 少なくとも、光電変換を行ない、かつ、発生した信号電荷を読み出す垂直電荷結合素子列から成る撮像領域と、前記垂直電荷結合素子列の信号電荷を受け取り転送する水平電荷結合素子と、その信号電荷を電荷-電圧変換して出力する出力部とを具備する固体撮像素子において、

前記垂直電荷結合素子列には第1導電型CCDチャネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャネル阻止領域が形成してあり、複数層のポリSi転送電極の少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極の前記第2導電型チャネル阻止領域上に位置する一部が厚くなっており、各層のポリSi転送電極間の絶縁膜より前記ポリSi転送電極の一部厚くなった部分上の絶縁膜が薄くなっており、少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極と裏打金属配線とのコンタクトが前記ポリSi転送電極の一部厚くなった部分において形成されていることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項3】 請求項1に記載の固体撮像素子を製造する製造方法であって、

前記第1導電型CCDチャネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャネル阻止領域を形成した後それらの上に前置Si酸化膜を形成する工程と、

前記前置Si酸化膜上にポリSi膜を成長させた後パターニングして前記第2導電型チャネル阻止領域上に島状あるいは帯状のポリSi補強膜を形成する工程と、

前記ポリSi補強膜をマスクにしてポリSi膜パターニングで痛んだ前置Si酸化膜をエッチング除去する工程と、

少なくともSi窒化膜を含むゲート絶縁膜を設ける工程と、

2層以上の複数層のポリSi転送電極の内の最下層ポリSi転送電極と裏打金属配線とのコンタクトを形成する部分に位置するポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にポリSi-ポリSiコンタクトホールを開ける工程と、

ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして最下層ポリSi転送電極を形成する工程と、

10 熱酸化法により最下層ポリSi転送電極を酸化してSi酸化膜を形成する工程と、

複数層のポリSi転送電極の最下層ポリSi転送電極に続く各層のポリSi転送電極について最下層ポリSi転送電極形成と同様に前記ポリSi補強膜上のゲート絶縁膜へのポリSi-ポリSiコンタクトホール開口から前記ポリSi転送電極熱酸化までを順次施す工程と、

最上層ポリSi転送電極と裏打金属配線とのコンタクトを形成する部分に位置するポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にポリSi-ポリSiコンタクトホールを開ける工程と、

20 ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして最上層ポリSi転送電極を形成する工程と、

絶縁膜を形成し複数層のポリSi転送電極全てへのコンタクトホールをポリSi補強膜で厚さを増した部分に開口し裏打金属配線を設ける工程を含むことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項4】 請求項2に記載の固体撮像素子を製造する製造方法であって、

第1導電型CCDチャネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャネル阻止領域を形成した後それらの上にゲート絶縁膜を設ける工程と、

ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして2層以上の複数層のポリSi転送電極の内の最下層ポリSi転送電極を形成する工程と、

少なくともSi窒化膜を含む絶縁膜を設け、該絶縁膜中の少なくとも前記Si窒化膜を前記最下層ポリSi転送電極をパターニングする工程の前あるいは後にパターニングして最下層ポリSi転送電極上の前記第2導電型チャネル阻止領域上に位置する部分を前記Si窒化膜で被覆する工程と、

40 熱酸化法により最下層ポリSi転送電極を酸化して前記Si窒化膜で被覆されていない部分にSi酸化膜を形成する工程と、

複数層のポリSi転送電極の最下層ポリSi転送電極に続く各層のポリSi転送電極について最下層ポリSi転送電極形成と同様に前記ポリSi膜成長・パターニングからポリSi転送電極熱酸化までの工程を順次施す工程と、

50 ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして最上層ポリSi

転送電極を形成する工程と、絶縁膜を形成し複数層のポリSi転送電極全てへのコンタクトホールを開口するが、少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極についてはSi窒化膜で被覆されて酸化されていない部分に前記コンタクトホールを開口し裏打金属配線を設ける工程とを含むことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項5】 前記ポリSi補強膜が50～500 nmの厚さに形成され、かつ、前記ポリSi転送電極が30～500 nmの厚さに形成されることを特徴とする請求項3に記載の固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体撮像素子及びその製造方法に関し、特に、可視光領域で使用される固体撮像素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のこの種の固体撮像素子には、フレームトランスファー型固体撮像素子あるいはフルフレーム型固体撮像素子と称されるものがある。フレームトランスファー型固体撮像素子の例として、特開平6-37297号公報記載のものがある。

【0003】図8に特開平6-37297号公報記載のフレームトランスファー型固体撮像素子の全体構成を示す。この固体撮像素子には、光電変換を行ない、かつ、発生した信号電荷を読み出す垂直電荷結合素子列から成る撮像領域101と、撮像領域101で発生した信号電荷を一時的に蓄え順次転送する垂直電荷結合素子列から成る蓄積領域102と、蓄積領域102から転送される信号電荷を順次出力する水平電荷転送レジスタ(水平電荷結合素子)103(出力部を含む)とが設けられ、さらに撮像領域101において信号電荷を転送するための駆動パルス電圧群 $\Phi V1$, $\Phi V2$, $\Phi V3$, $\Phi V4$ を供給する金属で形成された低抵抗のバスライン(裏打金属配線)111～114が撮像領域101の上部に配線されている。

【0004】撮像領域101の平面構造は図9のようになっている。P型チャネルストップ(p⁺型チャネル阻止領域)121により区画形成されたN型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)131～134が設けられ、N型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)131～134上に多結晶半導体で形成された垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)141～144が設けられ、P型チャネルストップ(p⁺型チャネル阻止領域)121上にバスライン(裏打金属配線)111～114が設けられている。垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)141～144はP型チャネルストップ(p⁺型チャネル阻止領域)121上でコンタクトホール151～154を介してバスライン(裏打金属配線)111～114と接続されており、4相駆動パルス電圧 $\Phi V1$, $\Phi V2$, $\Phi V3$, $\Phi V4$ の供給を受ける。

【0005】図10は図9のC-Cの位置における断面図であり、図11は図9のD-Dの位置における断面図である。図10

に示すように、N型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)131～133、及びN型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)131～133を区画形成するP型チャネルストップ(p⁺型チャネル阻止領域)121は、N型半導体基板201上のP型ウェル202内に設けられ、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)142は、絶縁膜203を介してN型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)131～133上に設けられ、また、バスライン(裏打金属配線)111, 112は、絶縁膜204を介してP型チャネルストップ(p⁺型チャネル阻止領域)121上に設けられおり、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)142とバスライン(裏打金属配線)112は、コンタクトホール152を介して接続されている。

【0006】本発明が対象とする構成要素ではないが、この固体撮像素子では、入射する光信号をバスライン(裏打金属配線)群の開口部に集束させるための凸レンズ211～213がN型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)群上に設けられている。図11に示すように、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)の142と144は、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)の141と143に重なりを持って形成されている。すなわち、この固体撮像素子は2層以上の多結晶半導体層(ポリSi膜)工程を有するプロセスで造られている。

【0007】特開平6-37297号公報記載の固体撮像素子では、バスライン(裏打金属配線)群が、垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)群の極近傍に位置するため、撮像領域周辺に配置されている場合と異なり、十分に駆動パルス電圧を垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)群に伝播させることができるため、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)群は、100 nm程度に薄膜化することができ、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)群を透過する光信号が増大し、高感度にすることができるとされている。なお、フルフレーム型固体撮像素子の構成は、フレームトランスファー型固体撮像素子の全体構成から蓄積領域を取り除いたものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述の特開平6-37297号公報記載のフレームトランスファー型固体撮像素子においては、バスライン(裏打金属配線)群を、垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)群の極近傍に配置することによって、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)厚を薄くすると駆動パルス電圧が十分に伝播しなくなるという電氣的な課題を解決し、100 nm程度に薄膜化することができるようになっているが、これはあくまで電氣的側面からの可能性である。

【0009】図10に示すように、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)は、転送電極として作用するN型垂直電荷転送チャネル(n型CCDチャネル領域)直上部分もバスライン(裏打金属配線)とのコンタクトを形成する部分も同一の膜厚になっている。従って、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)厚を薄くすると、そのコンタクトを形

成する部分も薄くなってしまう。バスライン(裏打金属配線)とのコンタクトを形成するためのコンタクトホールを開けるエッチングでは、全てのコンタクト部分で100%確実に開くようにしなければならないため、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)上の絶縁膜の厚さに対して丁度良い時間の例えば2倍近い時間を掛けてオーバーエッチングする必要がある、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)をその分削ってしまうことになる。

【0 0 1 0】加えて、図11に示すように、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)142, 144は、垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)141, 143とは別の上層の多結晶半導体層(ポリSi膜)で造られており、当然両者の間に絶縁膜を形成しなければならないが、少なくともこの絶縁膜厚分、下層の垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)141, 143上の絶縁膜厚が、上層の垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)142, 144上の絶縁膜厚より厚くなる。上記のコンタクトホールを開けるエッチングは、絶縁膜の厚い方、すなわち下層の垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)141, 143へ100%確実にコンタクトホールが開くような条件で行なう必要があるから、先に開いてしまう上層の垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)142, 144はさらに余計に削られてしまう。

【0 0 1 1】垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)の少なくともコンタクトを形成する部分は、コンタクトホールエッチング後にバスライン(裏打金属配線)と良好なコンタクトを形成できる程度に厚さを確保しなければならないので、この制約によって垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)を差程薄くできず、充分高感度にはできないという問題がある。特に、上層の垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)を薄くすることが難しい。この問題を解決する手段が、H. L. Peek他(アイ・イー・ディー・エム テクニカル ダイジェスト、第567-570頁、1993年、I EDM Technical Digest, pp. 567-570, 1993)の報告に見られる。

【0 0 1 2】図12はH. L. Peek他報告のフレームトランスファ型固体撮像素子の撮像領域の平面構造図である。4相駆動の垂直電荷結合素子列から成り、厚い第1層ポリSi膜から第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)311及び(第3相)313が形成され、薄い第2層ポリSi膜から第2層ポリSi転送ゲート電極(第2相)312及び(第4相)314が形成されている。裏打金属配線〔チタン-タングステン(TiW)/タングステン(W)配線〕のポリSi転送ゲート電極へのコンタクトはチャンネルストップ301上の位置で行われる。第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)311及び(第3相)313については、それ自体の幅が広がった部分で為される。

【0 0 1 3】第2層ポリSi転送ゲート電極(第2相)312及び(第4相)314については、第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)311及び(第3相)313と同時に形成された島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321がある部分で為される。図では島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321が第2層ポリSi転送ゲート

電極(第2相)312及び(第4相)314の上にあるかのように見えるが、実際は島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321は下にあり、表面を酸化した後、酸化膜を取り除いて、島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321と第2層ポリSi転送ゲート電極(第2相)312及び(第4相)314とが、ポリSi-ポリSiコンタクトを形成している。前記島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321を設けることで、その下のゲート絶縁膜を傷めることなく、薄い第2層ポリSi転送ゲート電極(第2相)312及び(第4相)314と裏打金属配線とのコンタクトを形成することができる。

【0 0 1 4】しかしながら、島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321は第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)311及び(第3相)313と同時に形成されるので、島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321に形成されるSi酸化膜が、第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)311及び(第3相)313を酸化して形成される転送ゲート電極間絶縁のための層間Si酸化膜と同様に厚めのSi酸化膜に成ってしまい、パターニング直後から酸化後の正味の島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321寸法の変化が大きいの。さらに、第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)311及び(第3相)313を低抵抗にするための不純物、例えばリンが高濃度添加されているため、酸化速度が大幅に増大しており、Si酸化膜厚の制御性も低下している。そのため、島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321の大きさには、寸法変化に対するマージンを大きく見込まざるを得ず、微細化するのが難しいという問題がある。H. L. Peek他報告では、島状ポリSi膜(第1層ポリSi)321は $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ の大きさを持っている。

【0 0 1 5】本発明は、上記に鑑み、ポリSi転送電極を極薄くしても裏打金属配線とのコンタクト形成部に充分な製造マージンを持たせることができ、しかも微細化に適合することにより、歩留まりが高く、高信頼性かつ高感度の固体撮像素子を提供すること、及び該固体撮像素子を製造する製造方法を提供することを目的とする。

【0 0 1 6】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するために本発明の固体撮像素子は、少なくとも、光電変換を行ない、かつ、発生した信号電荷を読み出す垂直電荷結合素子列から成る撮像領域と、前記垂直電荷結合素子列の信号電荷を受け取り転送する水平電荷結合素子と、その信号電荷を電荷-電圧変換して出力する出力部とを具備する固体撮像素子において、前記垂直電荷結合素子列には第1導電型CCDチャネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャネル阻止領域が形成してあり、前記第2導電型チャネル阻止領域の上に島状あるいは帯状の前置Si酸化膜及びポリSi補強膜が設けてあり、少なくともSi窒化膜を含むゲート絶縁膜が第1導電型CCDチャネル領域上及びポリSi補強膜上に設けてあり、ポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にはコンタクトホールが開口され、複数層のポリSi転送電極の各層のポリSi転送電極がポリSi補強膜とそれぞれポリSi-ポリSiコンタクトを形成して

おり、複数層のポリSi転送電極上に絶縁膜が形成してあり、複数層のポリSi転送電極のポリSi補強膜で厚さを増した部分上の前記絶縁膜にコンタクトホールが開口され、前記コンタクトホールを介して複数層の各々のポリSi転送電極と裏打金属配線とが接続されていることを特徴とする。

【0017】また、本発明の固体撮像素子の製造方法は、前述の固体撮像素子の製造方法であって、第1導電型CCDチャンネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャンネル阻止領域を形成した後それらの上に前置Si酸化膜を形成する工程と、前記前置Si酸化膜上にポリSi膜を成長させた後パターニングして前記第2導電型チャンネル阻止領域上に島状あるいは帯状のポリSi補強膜を形成する工程と、前記ポリSi補強膜をマスクにしてポリSi膜パターニングで痛んだ前置Si酸化膜をエッチング除去する工程と、少なくともSi窒化膜を含むゲート絶縁膜を設ける工程と、2層以上の複数層のポリSi転送電極の内の最下層ポリSi転送電極と裏打金属配線とのコンタクトを形成する部分に位置するポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にポリSi-ポリSiコンタクトホールを開ける工程と、ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして最下層ポリSi転送電極を形成する工程と、熱酸化法により最下層ポリSi転送電極を酸化してSi酸化膜を形成する工程と、複数層のポリSi転送電極の最下層ポリSi転送電極に続く各層のポリSi転送電極について最下層ポリSi転送電極形成と同様に前記ポリSi補強膜上のゲート絶縁膜へのポリSi-ポリSiコンタクトホール開口から前記ポリSi転送電極熱酸化までを順次施す工程と、最上層ポリSi転送電極と裏打金属配線とのコンタクトを形成する部分に位置するポリSi補強膜上のゲート絶縁膜にポリSi-ポリSiコンタクトホールを開ける工程と、ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして最上層ポリSi転送電極を形成する工程と、絶縁膜を形成し複数層のポリSi転送電極全てへのコンタクトホールをポリSi補強膜で厚さを増した部分に開口し裏打金属配線を設ける工程を含むことを特徴とする。

【0018】前述とは別構成の本発明の固体撮像素子は、少なくとも、光電変換を行ない、かつ、発生した信号電荷を読み出す垂直電荷結合素子列から成る撮像領域と、前記垂直電荷結合素子列の信号電荷を受け取り転送する水平電荷結合素子と、その信号電荷を電荷-電圧変換して出力する出力部とを具備する固体撮像素子において、前記垂直電荷結合素子列には第1導電型CCDチャンネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャンネル阻止領域が形成してあり、複数層のポリSi転送電極の少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極の前記第2導電型チャンネル阻止領域上に位置する一部が厚くなっており、各層のポリSi転送電極間の絶縁膜より前記ポリSi転送電極の一部厚くなった部分上の絶縁膜が薄くなってお

り、少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極と裏打金属配線とのコンタクトが前記ポリSi転送電極の一部厚くなった部分において形成されていることを特徴とする。

【0019】今一つの本発明の固体撮像素子の製造方法は、前記別構成の固体撮像素子の製造方法であって、第1導電型CCDチャンネル領域及びそれを垂直方向に区切る第2導電型チャンネル阻止領域を形成した後それらの上にゲート絶縁膜を設ける工程と、ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして2層以上の複数層のポリSi転送電極の内の最下層ポリSi転送電極を形成する工程と、少なくともSi窒化膜を含む絶縁膜を設け、該絶縁膜中の少なくとも前記Si窒化膜を前記最下層ポリSi転送電極をパターニングする工程の前あるいは後にパターニングして最下層ポリSi転送電極上の前記第2導電型チャンネル阻止領域上に位置する部分を前記Si窒化膜で被覆する工程と、熱酸化法により最下層ポリSi転送電極を酸化して前記Si窒化膜で被覆されていない部分にSi酸化膜を形成する工程と、複数層のポリSi転送電極の最下層ポリSi転送電極に続く各層のポリSi転送電極について最下層ポリSi転送電極形成と同様に前記ポリSi膜成長・パターニングからポリSi転送電極熱酸化までの工程を順次施す工程と、ポリSi膜を成長させ不純物を添加するか、不純物を含んだポリSi膜を成長させ、パターニングして最上層ポリSi転送電極を形成する工程と、絶縁膜を形成し複数層のポリSi転送電極全てへのコンタクトホールを開くが、少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極についてはSi窒化膜で被覆されて酸化されていない部分に前記コンタクトホールを開くし裏打金属配線を設ける工程とを含むことを特徴とする。

【0020】本発明の固体撮像素子及びその製造方法では、垂直電荷結合素子列の第1導電型CCDチャンネル領域を垂直方向に区切る第2導電型チャンネル阻止領域上に島状あるいは帯状の前置Si酸化膜及びポリSi補強膜が設けてあり、このポリSi補強膜と複数層のポリSi転送電極とがそれぞれポリSi-ポリSiコンタクトを形成しており、裏打金属配線とのコンタクトは複数層のポリSi転送電極のポリSi補強膜で厚さを増した部分上で形成されるので、ポリSi転送電極を極薄くしてコンタクトホール開口時にポリSi転送電極そのものに穴が開いたとしてもその下のポリSi転送電極とオーミック接触するポリSi補強膜で裏打金属配線との良好なコンタクトを形成することができる。ポリSi補強膜は少なくともSi窒化膜を含むゲート絶縁膜で覆われており、ポリSi転送電極とポリSi-ポリSiコンタクトを形成する所以外にコンタクトホールは開口されないため、ポリSi転送電極パターニング後に酸化して層間Si酸化膜を形成しても、他の層のポリSi転送電極のためのポリSi補強膜は酸化されずに済む。従って、本発明の固体撮像素子及びその製造方法では、ポリSi補強

膜の寸法変化に対するマージンは僅かで済み、H. L. Peek 他報告の固体撮像素子で見られた微細化が難しいという問題も解決される。

【0021】ところで、上記ポリSi補強膜は、具体的には50～500 nmの厚さに形成することができ、また、ポリSi転送電極は30～500 nmの厚さに形成することができる。

【0022】前述とは別構成の本発明の固体撮像素子では、垂直電荷結合素子列の第1導電型CCDチャネル領域を垂直方向に区切る第2導電型チャネル阻止領域上の位置で、複数層のポリSi転送電極の少なくとも最上層以外の各層のポリSi転送電極の一部が厚くなっており、裏打金属配線とのコンタクトが前記ポリSi転送電極の一部厚くなった部分において形成されるので、受光部分のポリSi転送電極厚を薄くしても、まず、最上層以外の各層のポリSi転送電極は裏打金属配線との良好なコンタクトを形成することができる。また、前記ポリSi転送電極の一部厚くなった部分上の絶縁膜が薄くなっており、最上層のポリSi転送電極についてもコンタクトホール形成時に削られる量が少なくできるので、均一の厚さで薄くしたとしても、良好なコンタクトを形成できる程度の厚さを確保することができる。

【0023】今一つの本発明の固体撮像素子の製造方法は、前記別構成の固体撮像素子の製造方法として、少なくとも最上層のポリSi転送電極以外には、少なくともSi窒化膜を含む絶縁膜を設け、該絶縁膜中の少なくとも前記Si窒化膜をポリSi転送電極をパターニングする工程の前あるいは後にパターニングしてポリSi転送電極上の前記第2導電型チャネル阻止領域上に位置する部分を前記Si窒化膜で被覆し、熱酸化法によりポリSi転送電極を酸化して前記Si窒化膜で被覆されていない部分にSi酸化膜を形成するので、ポリSi転送電極の形状を酸化された部分では薄く、前記Si窒化膜下で酸化されなかった部分では厚くすることができ、さらに、前記Si窒化膜下は酸化されない分、コンタクトホール開口前の絶縁膜厚を他の部分より薄くすることができる。前記Si窒化膜を除去した後に、最上層のポリSi転送電極を含めた全てのポリSi転送電極上に裏打金属配線との間の層間絶縁膜を形成すれば、コンタクトホールを開口する部分ではポリSi転送電極上の絶縁膜厚がほとんど等しくできるので、最上層ポリSi転送電極に過剰のオーバーエッチング(絶縁膜の厚さに対して丁度良い時間の例えば2倍近い時間より大幅に余分なオーバーエッチング)を掛けずに済ませることができ、たとえ最上層のポリSi転送電極が均一の厚さであったとしても、オーバーエッチングを減らせる分、薄くすることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。図1(a)～(f)及び図2(a)～(e)は本発明の固体撮像素子の製造方法の主要工程

を示す図で、その中の図2(e)は本発明の固体撮像素子(第1の実施の形態)の撮像領域の縦断面構造図でもある。図7は本発明の固体撮像素子の撮像領域の平面構造図であり、図1(a)～(f)及び図2(a)～(e)はこの図7のA-Aの位置(コンタクト23が形成されている所を通るように斜めに切っている点に注意)における縦断面の構造で描かれている。

【0025】図2(e)において、n型Si基板1の主面側にp型ウェル領域2が形成してあり、その中にn型CCDチャネル領域3が設けてある。例えば、n型Si基板1は 10^{13} ～ 10^{15} cm^{-3} 程度のリン濃度のものを用い、p型ウェル領域2は深さ1～5 μm で 10^{15} ～ 10^{17} cm^{-3} 程度のボロン濃度とし、n型CCDチャネル領域3は深さ0.1～2 μm で 10^{16} ～ 10^{17} cm^{-3} 程度のリンあるいは砒素濃度である。n型CCDチャネル領域3はp⁺型チャネル阻止領域4によって垂直方向に分割されている。

【0026】p⁺型チャネル阻止領域4は例えば深さ1～4 μm で 10^{17} ～ 10^{19} cm^{-3} のボロン濃度である。p⁺型チャネル阻止領域4上に島状あるいは帯状の前置Si酸化膜5及びポリSi補強膜6が設けてある。前置Si酸化膜5の厚さは絶縁耐圧が得られるものであれば良く、例えば、20～200 nmである。ポリSi補強膜6の厚さはコンタクトホール形成時の積層条件等で左右されるが、例えば、50～500 nmである。n型CCDチャネル領域3とポリSi補強膜6が設けられていない部分のp⁺型チャネル阻止領域4の表面上及びポリSi補強膜6を覆うようにONOゲート絶縁膜が形成してある。

【0027】ONOゲート絶縁膜はSi酸化膜(2)9/Si窒化膜(1)8/Si酸化膜(1)7の積層構造を有している。ONOゲート絶縁膜の膜厚としては、合成の光学長が可視光の反射を抑えたい波長、特に波長400～550 nmの1/2となり、電気的にSi酸化膜換算で100 nm以下となる厚さにすると、高感度かつ高転送能力にできる。例えば、ONOゲート絶縁膜をSi酸化膜(2)9=15 nm/Si窒化膜(1)8=65 nm/Si酸化膜(1)7=40 nmとすれば、Si酸化膜の屈折率が1.45でありSi窒化膜の屈折率が2であるから、合成の光学長を209.75 nm(波長420 nm付近の1/2程度)にでき、Si酸化膜の比誘電率が3.8程度でありSi窒化膜の比誘電率が7程度であるから、電気的なSi酸化膜換算厚さを90.29 nmにできる。

【0028】ポリSi補強膜6上のONOゲート絶縁膜にはコンタクトホールが開口され、二層のポリSi転送電極12、16がポリSi補強膜6とそれぞれポリSi-ポリSiコンタクトを形成している。ポリSi転送電極12、16には、高濃度(10^{18} ～ 10^{21} cm^{-3})にリンや砒素を添加してある。厚さは厚くしたい場合には500 nm程度にまでしてもかまわないが、この種の固体撮像素子ではポリSiによる光吸収損失を減少させたいので、一般に薄い膜厚条件が望まれる。電気的に電極として動作する範囲で薄くしてかまわないが、例えば30 nm程度まで薄くしても良い。第1層ポリSi転送電極12と第2層ポリSi転送電極16との絶縁は層間Si

酸化膜13で為されている。

【0029】層間Si酸化膜13の厚さは、ポリSi転送電極12、16間に印加される電圧差に対して余裕を持った耐圧が得られるものでなければならないが、あまり厚くするとポリSi転送電極間の間隙が開き過ぎて電荷転送がスムーズに行なえなくなるので、200~400 nmにする。さらに上方には絶縁膜17が形成してあり、二層のポリSi転送電極12、16のポリSi補強膜6で厚さを増した部分上の前記層間Si酸化膜13及び絶縁膜17にコンタクトホールが開口され、このコンタクトホールを介して各々のポリSi転送電極12、16とタングステン、モリブデン、アルミニウム、銅、金などから成る裏打金属配線18とが接続されている。

【0030】ポリSi補強膜6がコンタクト形成部にあるので、前述のようにポリSi転送電極厚を極薄くしても良好なコンタクト特性が得られる。裏打金属配線18の金属層は、周囲の内部配線も構成している。図には示していないが、これらの上にSi酸化膜やSi窒化膜から成る絶縁膜を被せ、撮像領域を限定するためタングステン、モリブデン、アルミニウム、銅、金などから成る金属光シールドを設けている。また、絶縁膜17の形成前にSi窒化膜等屈折率が大きい物質から成る反射防止膜(膜厚の光学長が反射を抑えたい波長の1/4)を設けても良い。

【0031】本発明の固体撮像素子の製造方法について図1(a)~(f)及び図2(a)~(e)を用いて説明する。n型Si基板1内にp型ウェル領域2を形成し、このp型ウェル領域2内にn型CCDチャネル領域3及びそれを垂直方向に区切るp⁺型チャネル阻止領域4を形成する。その上に熱酸化法によって前置Si酸化膜5を形成し、第1層ポリSi膜を成長させた後パターニングしてp⁺型チャネル阻止領域4上に島状あるいは帯状のポリSi補強膜(不純物未添加)6を形成する[図1(a)]。

【0032】ポリSi補強膜6をマスクにして第1層ポリSi膜パターニングで痛んだ前置Si酸化膜5を弗酸等によりエッチング除去する[図1(b)]。熱酸化法でSi酸化膜(1)7を形成し、続いてCVD法でSi窒化膜(1)8及びSi酸化膜(2)9を形成して、いわゆるONOゲート絶縁膜を設ける[図1(c)]。この際、ポリSi補強膜6表面に形成される熱酸化法によるSi酸化膜(1)7は、ポリSi膜が不純物未添加であるため、Si基板上と同一の厚さである。第1層ポリSi転送電極12と裏打金属配線18とのコンタクトを形成する方のポリSi補強膜6上のONOゲート絶縁膜に、ポリSi-ポリSiコンタクトホール10を開ける[図1(d)]。

【0033】第2層ポリSi膜11を成長させ、リンを熱拡散する[図1(e)]。この際、第2層ポリSi膜11とポリSi補強膜6との界面を通してポリSi補強膜6へもリン拡散され、良好なコンタクトになる(ポリSi補強膜6全体にリンが行き渡る必要はない)。熱拡散で不純物を添加せず、不純物を含んだ第2層ポリSi膜11を成長させた場合にも、ポリSi成膜中やその後加えられる熱処理の際に、第

2層ポリSi膜11とポリSi補強膜6との界面を通してポリSi補強膜6へ不純物が拡散されるので問題ない。

【0034】第2層ポリSi膜(リン拡散)11をパターニングして第1層ポリSi転送電極12を形成する[図1(f)]。第1層ポリSi転送電極12をマスクにして第2層ポリSi膜パターニングで痛んだSi酸化膜(2)9を弗酸等によりエッチング除去して、再びCVD法で同一の厚さのSi酸化膜(2)9を形成し、さらに熱酸化法で第1層ポリSi転送電極12を酸化して層間Si酸化膜13を形成する[図2(a)]。この際、第2層ポリSi転送電極16と裏打金属配線18とのコンタクトを形成する方のポリSi補強膜6は、ONOゲート絶縁膜中のSi窒化膜(1)8で覆われているので、熱酸化の影響を受けないで済む。

【0035】また、酸化で消費されるポリSiの厚さは層間Si酸化膜13の厚さの45%程度なので、例えば層間Si酸化膜13の厚さを前述の200~400 nm程度にするならば、第2層ポリSi膜11形成時の厚さを、完成時の第1層ポリSi転送電極12の正味の厚さプラス90~180 nmとすれば良い。第2層ポリSi転送電極16と裏打金属配線18とのコンタクトを形成する方のポリSi補強膜6上のONOゲート絶縁膜に、ポリSi-ポリSiコンタクトホール14を開ける[図2(b)]。第3層ポリSi膜15を成長させ、リンを熱拡散する[図2(c)]。この際、第3層ポリSi膜15とポリSi補強膜6との界面を通してポリSi補強膜6へもリン拡散され、良好なコンタクトになる(ポリSi補強膜6全体にリンが行き渡る必要はない)。

【0036】熱拡散で不純物を添加せず、不純物を含んだ第3層ポリSi膜15を成長させた場合にも、ポリSi成膜中やその後加えられる熱処理の際に、第3層ポリSi膜15とポリSi補強膜6との界面を通してポリSi補強膜6へ不純物が拡散されるので問題ない。第3層ポリSi膜(リン拡散)15をパターニングして第2層ポリSi転送電極16を形成する[図2(d)]。絶縁膜17を形成し、第1層ポリSi転送電極12及び第2層ポリSi転送電極16のポリSi補強膜6で厚さを増した部分にコンタクトホールを開け、裏打金属配線18を設ける[図2(e)]。

【0037】第1層ポリSi転送電極12及び第2層ポリSi転送電極16の膜厚を極薄くしても、ポリSi補強膜6でコンタクト部分に十分な厚さを持たせられるので、コンタクトホール開口時に大幅なオーバーエッチングを掛けてポリSi転送電極12、16そのものに穴が開いたとしても、その下にあるポリSi転送電極12、16とオーミック接触するポリSi補強膜6で裏打金属配線18との良好なコンタクトを形成することができる。ポリSi補強膜6はSi窒化膜(1)8を含むONOゲート絶縁膜で覆われており、ポリSi転送電極12、16とポリSi-ポリSiコンタクトを形成する所以外にコンタクトホールは開口されないので、ポリSi転送電極パターニング後に酸化して層間Si酸化膜を形成しても、他の層のポリSi転送電極のためのポリSi補強膜6は酸化されずに済み、寸法変化を無くすることができる。

【0038】さらに、ポリSi補強膜6に熱酸化法で形成するSi酸化膜(1)7は、自身とポリSi-ポリSiコンタクトを形成するポリSi転送電極との間の膜であるため絶縁耐圧等の制約条件が無いので、ONOゲート絶縁膜の薄いSi酸化膜(1)7の形成条件に合わせて造ることができ、しかもこの段階ではポリSi補強膜6が不純物未添加であるため、酸化速度の増大も無いので、Si酸化膜厚の制御性も高い。従って、ポリSi補強膜の寸法変化に対するマージンは僅かで済み、H.L. Peek他報告の固体撮像素子で見られた微細化が難しいという問題も解決される。

【0039】なお、上述の本発明の固体撮像素子及びその製造方法では、ポリSi-ポリSiコンタクトホール10, 14形成部でSi窒化膜(1)8が除去されており、この部分が水素雰囲気中熱処理によってSiO₂/Si界面の準位を減らすための水素導入口として働くので、別途水素導入口を設ける必要もない。

【0040】図3(a)～(f)及び図4(a)～(c)は前述とは別構成の本発明の固体撮像素子の製造方法の主要工程を示す図で、その中の図4(c)は別構成の本発明の固体撮像素子(第2の実施の形態)の撮像領域の縦断面構造図でもある。この固体撮像素子の撮像領域の平面構造は概ね前述の固体撮像素子と同様なので、平面構造図として図7を用いる。そうすると、図3(a)～(f)及び図4(a)～(c)は図7のA-Aの位置(コンタクト23が形成されている所を通るように斜めに切っている点に注意)における縦断面の構造で描かれている。

【0041】図4(c)において、n型Si基板1, p型ウェル領域2, n型CCDチャネル領域3及びp⁺型チャネル阻止領域4は前述の本発明の固体撮像素子と同様である。n型CCDチャネル領域3及びp⁺型チャネル阻止領域4の表面上にONOゲート絶縁膜が形成してある。膜厚については前述の本発明の固体撮像素子と同様である。第1層ポリSi転送電極12がONOゲート絶縁膜上に形成してあるが、p⁺型チャネル阻止領域4上で一部厚くなっており、第1層ポリSi転送電極12そのものを酸化して形成される層間Si酸化膜13がその部分で薄くなっている。すなわち、第1層ポリSi転送電極12の厚い部分はポリSi膜形成直後の厚さがほぼ維持され、薄い部分は酸化で消費された分だけ薄くなっているのである。

【0042】層間Si酸化膜13の厚さの45%程度が酸化で消費されるポリSiの厚さなので、例えば層間Si酸化膜13の厚さを200～400 nm程度にするならば、ポリSi膜形成時の厚さを薄くする部分の厚さプラス90～180 nmとする。第1層ポリSi転送電極12の薄くする部分は、電気的に電極として動作する範囲で薄くしてかまわないので、酸化後の正味の厚さとして例えば30 nm程度まで薄くしても良い(厚くしたい場合には500 nm程度にまでしてもかまわない)。第2層ポリSi転送電極16が第1層ポリSi転送電極12間のONOゲート絶縁膜上に形成してあるが、第2層ポリSi転送電極16は最上層のポリSi転送電極であるた

め、本実施形態では第2層ポリSi転送電極16を酸化せず、均一の厚さになっている。厚さは厚くしたい場合には500 nm程度にまでしてもかまわないが、前述のようにこの種の固体撮像素子では一般に薄い膜厚条件が望まれる。

【0043】本実施形態では、第2層ポリSi転送電極16はコンタクトホール形成時に削られても、良好なコンタクトを形成できる程度の厚さを確保できるだけの初期膜厚が必要であるが、第1層ポリSi転送電極12のコンタクト形成部分には層間Si酸化膜13が無いので、第1層及び第2層ポリSi転送電極12, 16に対するコンタクトホール深さの差はほとんどできず、このため後述するように極薄くすることができる。第1層及び第2層ポリSi転送電極12, 16上に絶縁膜17が形成してあるが、コンタクトホール深さはほぼこの厚さ分である。

【0044】例えば絶縁膜17としてSi酸化膜を厚さ200 nmで形成し、コンタクトホール形成の酸化膜ドライエッチングにおけるSi酸化膜とポリSiとのエッチングレート比が10:1程度であるとする。絶縁膜17の厚さに対して丁度良い時間の2倍程度の時間で酸化膜ドライエッチング工程を行なったとすると、第1層及び第2層ポリSi転送電極12, 16は共に20 nm程度削られることになる。例えばこの削られる量の半分程度バラツキが有ったとしても、コンタクト形成ができるような厚さにするとしても、第2層ポリSi転送電極16は例えば40 nm程度まで薄くすることができる。

【0045】第1層ポリSi転送電極12のコンタクト形成部分は、薄くする部分の厚さプラス90～180 nmと厚いので何ら問題無い。深さが揃ったコンタクトホールを介して、各々のポリSi転送電極12, 16とタングステン、モリブデン、アルミニウム、銅、金などから成る裏打金属配線18とが接続されている。裏打金属配線18の金属層は、周囲の内部配線も構成している。図には示していないが、これらの上にSi酸化膜やSi窒化膜から成る絶縁膜を被せ、撮像領域を限定するためタングステン、モリブデン、アルミニウム、銅、金などから成る金属光シールドを設けている。また、絶縁膜17の形成前にSi窒化膜等屈折率が大きい物質から成る反射防止膜(膜厚の光学長が反射を抑えたい波長の1/4)を設けても良い。

【0046】従来の固体撮像素子の場合に、第1層及び第2層ポリSi転送電極12, 16をどの程度薄くできるかを、前述と同様の条件で考えてみる。層間Si酸化膜13の厚さを200～400 nm程度とすると、第1層ポリSi転送電極12のコンタクト形成部分上は、前記層間Si酸化膜13と絶縁膜17(前述例200 nm厚Si酸化膜)とを加えた膜になるので、400～600 nm程度のSi酸化膜となる。この第1層ポリSi転送電極12上のSi酸化膜の厚さに対して丁度良い時間の2倍程度の時間で酸化膜ドライエッチング工程を行なったとすると、第1層ポリSi転送電極12は40～60 nm程度削られ、第2層ポリSi転送電極16は60～100 nm程度削られる

ことになる。

【0047】前述同様、削られる量の半分程度バラツキが有ったとしても、コンタクト形成ができるような厚さにするには、第1層ポリSi転送電極12には酸化後の正味の厚さとして例えば70～100 nm程度必要となり、第2層ポリSi転送電極16には例えば100～160 nm程度必要となる。従って、本実施の形態(第2の実施の形態)においても、ポリSi転送電極厚の極薄化と良好なコンタクト特性を両立できている。なお、第2層ポリSi転送電極16を第1層ポリSi転送電極12と同様にp⁺型チャネル阻止領域4上

【0048】別構成の本発明の固体撮像素子(第2の実施の形態)の製造方法について図3(a)～(f)及び図4(a)～(c)を用いて説明する。n型Si基板1内にp型ウェル領域2を形成し、このp型ウェル領域2内にn型CCDチャネル領域3及びそれを垂直方向に区切るp⁺型チャネル阻止領域4を形成する。その上に熱酸化法でSi酸化膜(1)7を形成し、続いてCVD法でSi窒化膜(1)8及びSi酸化膜(2)9を形成して、いわゆるONOゲート絶縁膜を設ける。

【0049】さらに、ONOゲート絶縁膜の上に第1層ポリSi膜19を成長させ、リンを熱拡散する[図3(a)]。この第1層ポリSi膜19は熱拡散で不純物を添加せず、成長の際に不純物を含ませても良い。第1層ポリSi膜(リン拡散)19上にCVD法でSi酸化膜(3)20及びSi窒化膜(2)21を形成する[図3(b)]。Si酸化膜(3)20及びSi窒化膜(2)21の膜厚は、それぞれSi酸化膜(1)7及びSi窒化膜(1)8と同程度にしておくと、後でSi窒化膜(2)21を取り除くとき都合が良い。p⁺型チャネル阻止領域4上で第1層ポリSi転送電極12に対して裏打金属配線18とのコンタクトを形成する部分にSi窒化膜(2)21が残るようにパターンニングし、さら

【0050】第1層ポリSi膜(リン拡散)19をパターンニングして第1層ポリSi転送電極12を形成し、さらに第1層ポリSi転送電極12をマスクにして第1層ポリSi膜(リン拡散)パターンニングで痛んだSi酸化膜(2)9を弗酸等によりエッチング除去する[図3(d)]。再びCVD法でSi酸化膜(2)9と同一の厚さのSi酸化膜(4)22を形成する[図3(e)]。熱酸化法で第1層ポリSi転送電極12を酸化して層間Si酸化膜13を形成する[図3(f)]。この際、第1層ポリSi転送電極12と裏打金属配線18とのコンタクトを形成する部分は、Si窒化膜(2)21で覆われているので熱酸化の影響を受けず、ポリSi膜形成時の厚さが維持され、その他の部分は酸化で消費されて正味の厚さが薄くなる。

【0051】第2層ポリSi膜11を成長させ、リンを熱拡散する[図4(a)]。この第2層ポリSi膜11は熱拡散で不純物を添加せず、成長の際に不純物を含ませても良い。第2層ポリSi膜(リン拡散)11をパターンニングして第2層ポリSi転送電極16を形成する[図4(b)]。このポリSiドライエ

ッチング工程の際にエッチング時間を延ばし、水素雰囲気中熱処理における水素導入口とするためポリSi転送電極で覆われていない部分のSi酸化膜(4)22及びSi窒化膜(1)8を除去すると共に、第1層ポリSi転送電極12のコンタクト形成部分上のSi酸化膜(4)22及びSi窒化膜(2)21を除去する。絶縁膜17を形成し、第1層ポリSi転送電極12の厚い部分及び第2層ポリSi転送電極16へのコンタクトホールを開け、裏打金属配線18を設ける[図4(c)]。本製造方法は前述の第1の実施の形態の製造方法と比較すると、コンタクトホール形成におけるポリSi転送電極厚マージンが多少劣るが、フォトリソマスク等を用いたパターンニング工程が2回少なく済むので、より経済的である。

【0052】図5(a)～(f)及び図6(a)～(c)は第2の実施の形態の固体撮像素子の前述とは別の製造方法の主要工程を示す図である。[図5(a)]に示す、ONOゲート絶縁膜の上に第1層ポリSi膜19を成長させ、リンを熱拡散するまでは、[図3(a)]と同様である。第1層ポリSi膜(リン拡散)19をパターンニングして第1層ポリSi転送電極12を形成し、さらに第1層ポリSi転送電極12をマスクにして第1層ポリSi膜(リン拡散)パターンニングで痛んだSi酸化膜(2)9を弗酸等によりエッチング除去する[図5(b)]。

【0053】Si窒化膜(1)8及び第1層ポリSi転送電極12上にCVD法でSi酸化膜(3)20及びSi窒化膜(2)21を形成する[図5(c)]。Si酸化膜(3)20及びSi窒化膜(2)21の膜厚は、それぞれSi酸化膜(1)7及びSi窒化膜(1)8と同程度にしておくと、後でSi窒化膜(2)21を取り除くとき都合が良い。p⁺型チャネル阻止領域4上で第1層ポリSi転送電極12に対して裏打金属配線18とのコンタクトを形成する部分にSi窒化膜(2)21が残るようにパターンニングし、さらにそのドライエッチング工程で痛んだSi酸化膜(3)20をSi窒化膜(2)21マスクで弗酸等によりエッチング除去する[図5(d)]。[図5(e)]以降は[図3(e)]以降と全く同様である。

【0054】以上説明した実施の形態は何れも二層ポリSi転送電極構成であるが、本発明の固体撮像素子及びその製造方法はこれに限られるものではなく、より多層のポリSi転送電極構成に適用することもでき、効果を奏する。また、本実施の形態においてp型とn型とを全て入れ換えれば、正孔を信号電荷とする固体撮像素子及びその製造方法の形態となる。

【0055】

【実施例】前述の第1の実施の形態に対応する一実施例について説明する。二層ポリSi転送電極構成で4相駆動垂直CCD方式の有効640(H)×480(V)画素で画素寸法が6 μ m²のフルフレーム型固体撮像素子を製作した。リン濃度 2×10^{14} cm⁻³のn型(100)Si基板上に同じリン濃度で厚さ20 μ mのエピタキシャルSi層を形成したエピタキシャルSi基板を使用し、深さ3 μ mでボロン濃度 5×10^{15} cm⁻³のp型ウェル領域を設けた。そこへ深さ1 μ mでリン濃度5

$\times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ のn型CCDチャネル領域を形成した。

【0056】n型CCDチャネル領域は6 μm ピッチで設けたp⁺型チャネル阻止領域で垂直方向に分割している。p⁺型チャネル阻止領域は幅1 μm 、深さ2 μm で $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のボロン濃度である。p⁺型チャネル阻止領域上の各ポリSi転送電極へのコンタクト形成位置に島状の前置Si酸化膜及びポリSi補強膜を設けた。前置Si酸化膜の厚さは50nmで、ポリSi補強膜の厚さは成膜時点で90 nmであり、形状寸法は0.8 μm □(フォトレジストマスクの角が丸まるため直径0.8 μm の円に近い形)とした。

【0057】n型CCDチャネル領域とポリSi補強膜が設けられていない部分のp⁺型チャネル阻止領域の表面上及びポリSi補強膜を覆うように、Si酸化膜(2)=15 nm/Si窒化膜(1)=65 nm/Si酸化膜(1)=40 nmのONOゲート絶縁膜が設けてある。ポリSi補強膜を覆うSi酸化膜(1)=40 nmは、ポリSi補強膜を熱酸化して形成したもののなので、ポリSi補強膜の正味の厚さは72 nmになっている。ポリSi補強膜上のONOゲート絶縁膜にはコンタクトホールが開口され、二層のポリSi転送電極がポリSi補強膜とそれぞれポリSi-ポリSiコンタクトを形成している。

【0058】コンタクトホール形状寸法は0.6 μm □(フォトレジストマスクの角が丸まるためほぼ直径0.6 μm の円)である。コンタクトホール形成の酸化膜ドライエッチングにおけるSi酸化膜とSi窒化膜とのエッチングレート比は10:1程度得られ、窒化膜ドライエッチングにおけるSi窒化膜とSi酸化膜とのエッチングレート比も同様に10:1程度得られ、さらには前述の通り酸化膜ドライエッチングにおけるSi酸化膜とポリSiとのエッチングレート比も10:1程度得られるので、初期厚さに対して丁度良い時間の2倍程度の時間で何れのドライエッチング工程も行なった結果、ポリSi補強膜のコンタクトホール形成部分は5 nm程度削られただけであつた。二層のポリSi転送電極はどちらも厚さ50 nmとした。従って、コンタクトホール形成部分のポリSi厚は合わせて117 nmとなっている。

【0059】二層のポリSi転送電極には熱拡散法で $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度リンを添加しており、80 nm程度の深さまでは縮退濃度($\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)程度リンを含み、その分布内にポリSi-ポリSi界面を取り込んでいるので、ポリSi-ポリSiコンタクトは良好である。第1層ポリSi転送電極表面を覆って200 nm厚の熱酸化膜(層間Si酸化膜)が有り(第1層ポリSi転送電極の初期ポリSi膜厚140 nm)、その上及び第2層ポリSi転送電極上に200 nm厚の高温熱CVD法によるSi酸化膜(絶縁膜)が形成してある。

【0060】二層のポリSi転送電極のポリSi補強膜で厚さを増した部分上のSi酸化膜(層間Si酸化膜及び絶縁膜)にコンタクトホールが開口され、このコンタクトホールを介して各々のポリSi転送電極とタングステンから成る裏打金属配線とを接続した。コンタクトホール形状寸法は0.4 μm □(フォトレジストマスクの角が丸まるためほ

ぼ直径0.4 μm の円)である。第1層ポリSi転送電極上のSi酸化膜厚が最も厚く、400 nm有るので、これに対して丁度良い時間の2倍の時間、すなわち800 nm削ることができる時間の酸化膜ドライエッチングを行なった。第1層ポリSi転送電極のコンタクト形成部は40 nm程度ポリSiが削られ、ポリSi転送電極用のポリSi膜だけでは10 nm程度しか残らず、マージン不足になるところだが、本実施例ではポリSi補強膜によって77 nm程度ポリSi厚を確保できており、十分なマージンにすることができてい

10

る。【0061】また、第2層ポリSi転送電極上のSi酸化膜厚は200 nmなので、第2層ポリSi転送電極のコンタクト形成部は60 nm程度ポリSiが削られ、ポリSi転送電極用のポリSi膜だけでは完全に穴が開いてしまうところだが、本実施例ではポリSi補強膜によって57 nm程度ポリSi厚を確保できており、こちらも十分なマージンにすることができている。裏打金属配線及び内部配線の上にSi酸化膜から成る絶縁膜を形成した後、撮像領域を限定するアルミニウム製の金属光シールドを形成し、デバイス最外部をSi窒化膜から成る保護膜でカバーしている。裏打金属配線のためのコンタクト形成部に十分なマージンを持たせることができているため、50 nmという極薄のポリSi転送電極でありながら、歩留まりが高く、高信頼性の固体撮像素子を得ることができた。ポリSi転送電極厚を100 nmから50 nmへ薄膜化することで、可視領域(波長400~700 nm)で積分した光応答出力をおよそ30%増加させることができた。

20

【0062】次に、前述の第2の実施の形態に対応する一実施例について説明する。製作したのは前記実施例と同様の仕様のフルフレーム型固体撮像素子である。従って、n型(100)エピタキシャルSi基板内に造り込んだ各構成要素も同様であり、前置Si酸化膜及びポリSi補強膜無しで、Si基板上にSi酸化膜(2)=15 nm/Si窒化膜(1)=65 nm/Si酸化膜(1)=40 nmのONOゲート絶縁膜が設けてある。その上に設けた第1層ポリSi転送電極は、p⁺型チャネル阻止領域上の位置で厚さが厚く140 nm有り、他の薄い部分は厚さ50 nmである。

30

【0063】第1層ポリSi転送電極の薄い部分表面を覆って200 nm厚の熱酸化膜(層間Si酸化膜)が有るが、これはポリSiが90 nm酸化されてできたものである。この熱酸化工程の際、第1層ポリSi転送電極の厚い部分はSi窒化膜(2)=65 nm/Si酸化膜(3)=40nmでカバーして酸化阻止しているが、ONOゲート絶縁膜の不要部分のSi窒化膜(1)と共にSi窒化膜(2)を除去するときに、Si酸化膜(3)も減少し、残った膜厚は20 nm程度であつた。酸化阻止のためのSi窒化膜(2)の形状寸法は0.8 μm □の角を落とした正八角形とした。

40

【0064】熱酸化工程においてSi窒化膜(2)下にも横方向に酸化が進むため、酸化後の第1層ポリSi転送電極の厚い部分はほぼ直径0.7 μm の円形領域となつた。第2

50

層ポリSi転送電極も厚さ50 nmで形成しており、その上及び第1層ポリSi転送電極上に200nm厚の高温熱CVD法によるSi酸化膜(絶縁膜)が形成してある。第1層ポリSi転送電極の厚い部分上及び第2層ポリSi転送電極のp⁺型チャネル阻止領域上の位置のSi酸化膜(Si酸化膜(3)及び絶縁膜)にコンタクトホールが開口され、このコンタクトホールを介して各々のポリSi転送電極とタングステンから成る裏打金属配線とを接続した。コンタクトホール寸法は0.4μm□(フォトリジストマスクの角が丸まるためほぼ0.4μm径の円)である。第1層ポリSi転送電極上のSi酸化膜厚が最も厚く、220 nm有るので、これに対して丁度良い時間の2倍の時間、すなわち440 nm削ることができる時間の酸化膜ドライエッチングを行なった。

【0065】前述の通り酸化膜ドライエッチングにおけるSi酸化膜とポリSiとのエッチングレート比は10:1程度得られるので、第1層ポリSi転送電極のコンタクト形成部は22 nm程度ポリSiが削られるだけで済み、エッチング工程後118 nm程度もポリSi厚を確保できている。一方、第2層ポリSi転送電極のコンタクト形成部は厚さが薄いのであるが、第1層ポリSi転送電極上のSi酸化膜が層間Si酸化膜を含まず厚さが薄くなっており、しかも第2層ポリSi転送電極上のSi酸化膜厚が第1層ポリSi転送電極のコンタクト形成部上とほとんど同じ200 nmなので、第2層ポリSi転送電極のコンタクト形成部も24 nm程度ポリSiが削られるだけで済み、エッチング工程後26 nm程度ポリSi厚を確保できている。前述の実施例より第2層ポリSi転送電極のコンタクト形成部ポリSi厚は少ないが、マージンとしては充分である。裏打金属配線及び内部配線上にSi酸化膜から成る絶縁膜を形成した後、撮像領域を限定するアルミニウム製の金属光シールドを形成し、デバイス最外部をSi窒化膜から成る保護膜でカバーしている。

【0066】本実施例においても、裏打金属配線のためのコンタクト形成部に十分なマージンを持たせることができていたため、50 nmという極薄のポリSi転送電極でありながら、歩留まりが高く、高信頼性かつ高感度の固体撮像素子を得ることができた。

【0067】以上、本発明をその好適な実施形態例及び実施例に基づいて説明したが、本発明の固体撮像素子及びその製造方法は、上記実施形態例及び実施例にのみ限定されるものではなく、上記実施形態例及び実施例から種々の修正及び変更を施した固体撮像素子及びその製造方法も、本発明の範囲に含まれる。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の固体撮像素子及びその製造方法によれば、ポリSi転送電極を極薄くしても裏打金属配線とのコンタクト形成部に十分な製造マージンを持たせることができ、しかも微細化に適合しているので、歩留まりが高く、高信頼性かつ高感度の固体撮像素子及びその製造方法を提供できる効果があ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(f)は本発明の固体撮像素子の製造方法の主要工程を示す図で、図7のA-Aの位置における撮像領域の縦断面構造である。

【図2】(a)～(e)は本発明の固体撮像素子の製造方法の主要工程を示す図で、図7のA-Aの位置における撮像領域の縦断面構造である。

【図3】(a)～(f)は本発明の別構成の固体撮像素子の製造方法の主要工程を示す図で、図7のA-Aの位置における撮像領域の縦断面構造である。

【図4】(a)～(c)は本発明の別構成の固体撮像素子の製造方法の主要工程を示す図で、図7のA-Aの位置における撮像領域の縦断面構造である。

【図5】(a)～(f)は図4(c)と同一の固体撮像素子を製造する方法であるが、図3(a)～図4(c)とは別の製造方法の主要工程を示す図である。

【図6】(a)～(c)は図4(c)と同一の固体撮像素子を製造する方法であるが、図3(a)～図4(c)とは別の製造方法の主要工程を示す図である。

【図7】本発明の固体撮像素子の撮像領域の平面構造図である。

【図8】特開平6-37297号公報記載のフレームトランスファ型固体撮像素子の全体構成図である。

【図9】特開平6-37297号公報記載のフレームトランスファ型固体撮像素子の撮像領域の平面構造図である。

【図10】図9のC-Cの位置における断面構造図である。

【図11】図9のD-Dの位置における断面構造図である。

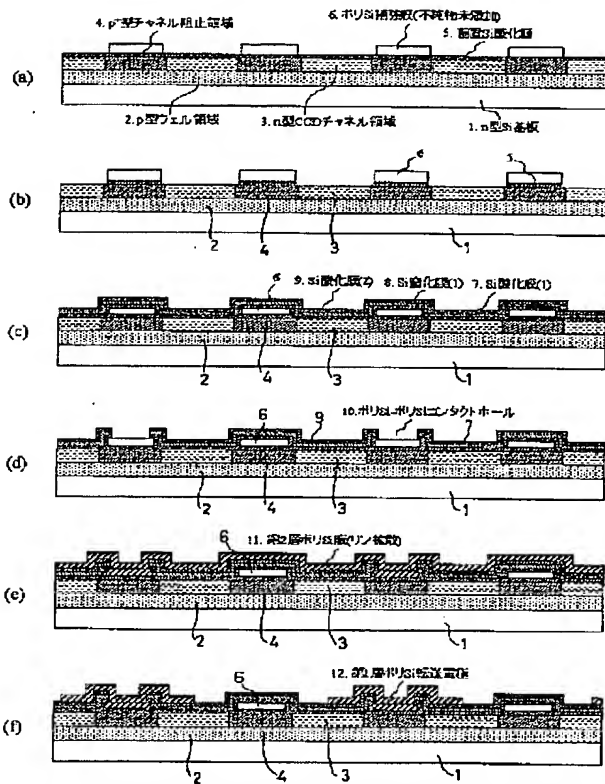
【図12】H. L. Peek他報告のフレームトランスファ型固体撮像素子の撮像領域の平面構造図である。

【符号の説明】

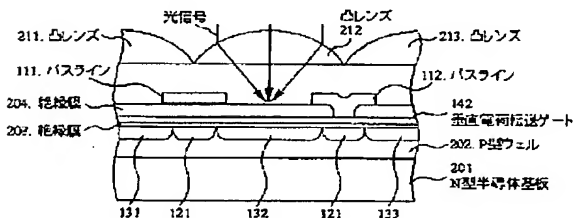
- 1: n型Si基板
- 2: p型ウェル領域
- 3: n型CCDチャネル領域
- 4: p⁺型チャネル阻止領域
- 5: 前置Si酸化膜
- 6: ポリSi補強膜
- 7: Si酸化膜(1)
- 8: Si窒化膜(1)
- 9: Si酸化膜(2)
- 10、14: ポリSi-ポリSiコンタクトホール
- 11: 第2層ポリSi膜(リン拡散)
- 12: 第1層ポリSi転送電極
- 13: 層間Si酸化膜
- 15: 第3層ポリSi膜(リン拡散)
- 16: 第2層ポリSi転送電極
- 17: 絶縁膜
- 18: 裏打金属配線
- 19: 第1層ポリSi膜(リン拡散)
- 20: Si酸化膜(3)

- 21: Si窒化膜(2)
- 22: Si酸化膜(4)
- 23: コンタクト
- 101: 撮像領域
- 102: 蓄積領域
- 103: 水平電荷転送レジスタ(水平電荷結合素子)
- 111~114: バスライン(裏打金属配線)
- 121: P型チャンネルストップ(p⁺型チャンネル阻止領域)
- 131~134: N型垂直電荷転送チャンネル(n型CCDチャンネル領域)
- 141~144: 垂直電荷転送ゲート(ポリSi転送電極)
- 151~154: コンタクトホール

【図1】

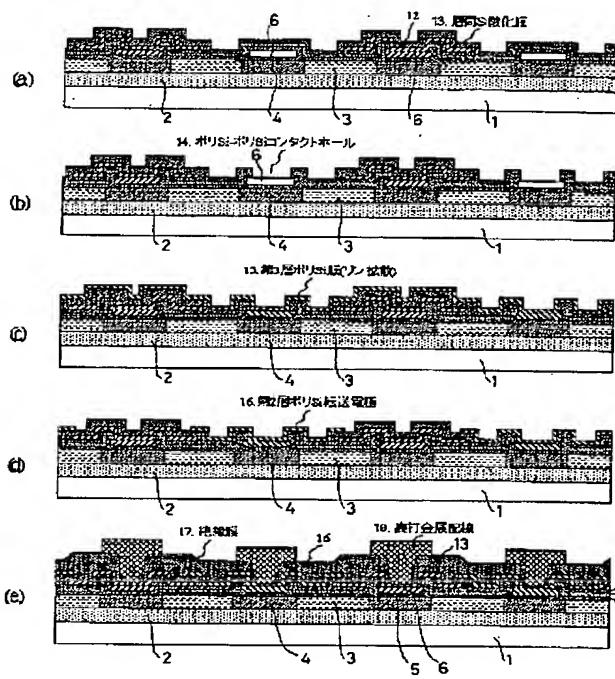


【図10】

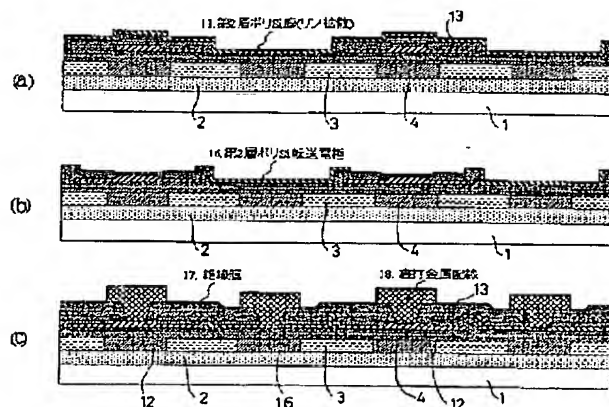


- 201: N型半導体基板
- 202: P型ウェル
- 203・204: 絶縁膜
- 211~213: 凸レンズ
- 301: チャンネルストップ
- 311: 第1層ポリSi転送ゲート電極(第1相)
- 312: 第2層ポリSi転送ゲート電極(第2相)
- 313: 第1層ポリSi転送ゲート電極(第3相)
- 314: 第2層ポリSi転送ゲート電極(第4相)
- 10 321: 島状ポリSi膜(第1層ポリSi)

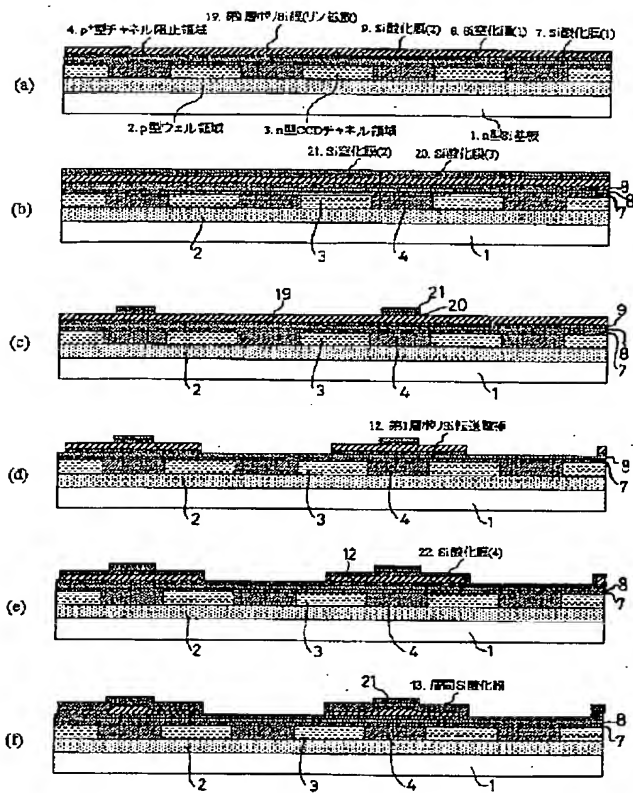
【図2】



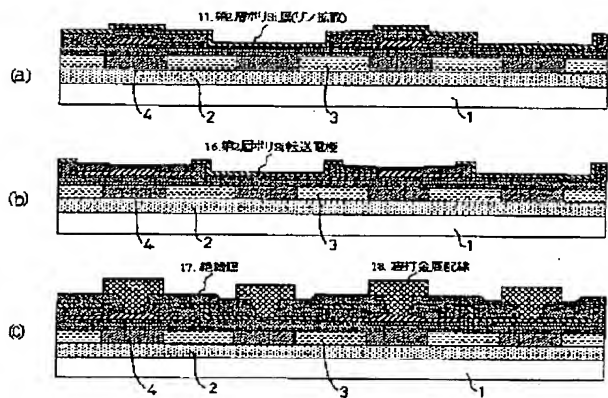
【図4】



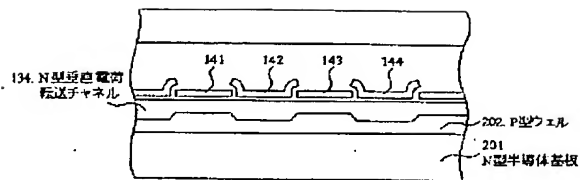
【図3】



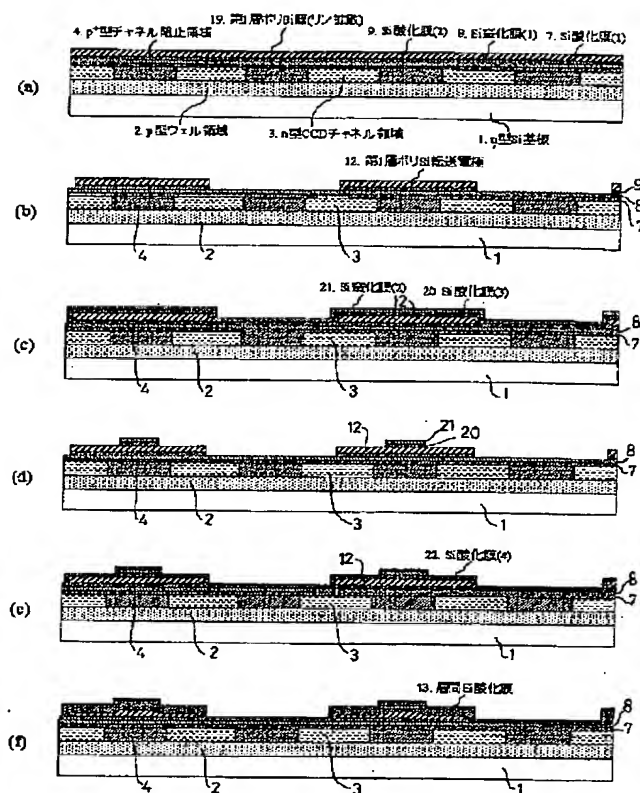
【図6】



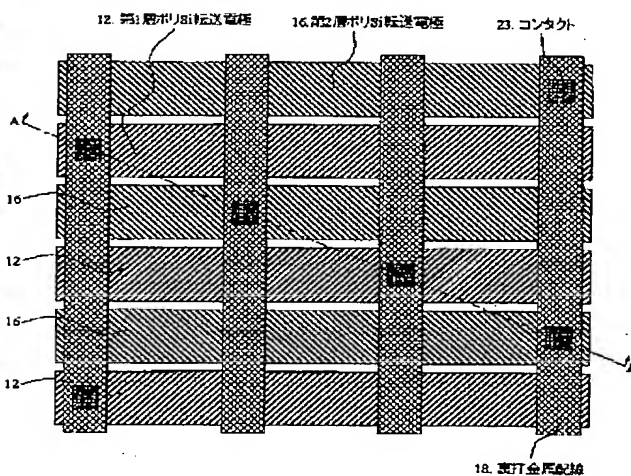
【図11】



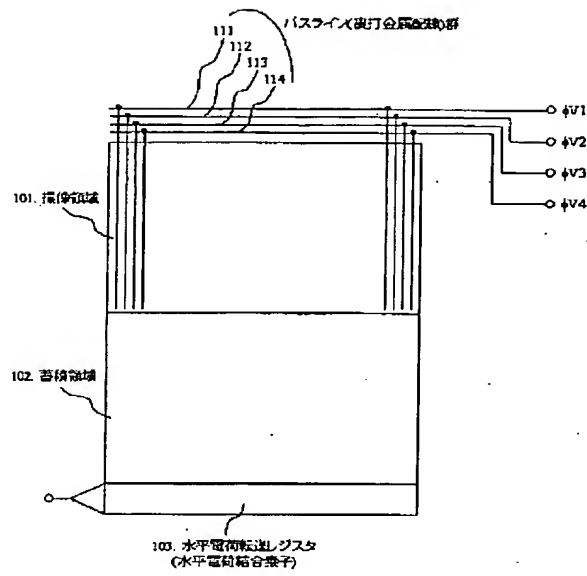
【図5】



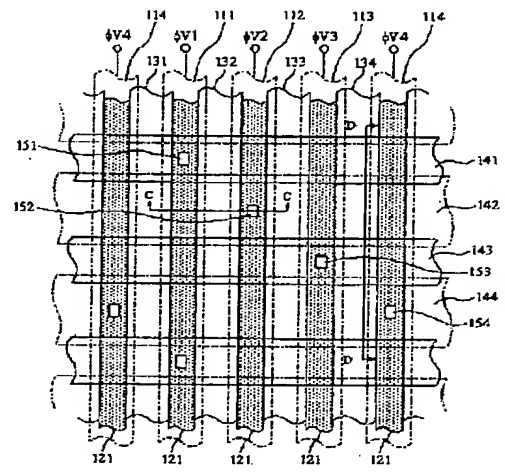
【図7】



【図8】



【図9】



【図12】

